

Hyper Maze: un Joc de puzzles en un espai no convencional.

Óscar Mascuñano Planell

Resum—L'espai i la seva deformació és un tema sovint explorat en els videojocs de puzzles, però sovint sol ser només amb unes poques mecàniques que no arriben a explorar tot l'espai de possibilitats que ofereix. L'objectiu d'aquest projecte és crear un joc de puzzles en primera persona que, mitjançant certs trucs, simuli un espai deformat i l'utilitzi com a tema central per als puzzles. Es busca que tingui una estètica minimalista i asèptica amb molta predominança de figures geomètriques i tons blancs amb punts de color intens. En aquest document s'explicarà el disseny que s'ha fet del projecte, la seva posterior implementació i els resultats que ha donat. Finalitzant amb unes conclusions generals del procés que s'ha seguit.

Paraules clau—Puzzle, espai, física, primera persona, portals, lògica, efectes òptics, gravetat, claus.

Abstract— Space and its deformation is a subject frequently explored in puzzle videogames, but it is often limited to a few mechanics that are not enough to explore the entire space of possibilities that it offers. The goal of this project is to create a first-person puzzle videogame that, with certain tricks, simulates a deformed space and uses it as a core theme for its puzzles. We want it to have a minimalistic and aseptic aesthetic, with a large predominance of geometric shapes and shades of white with splashes of intense colors. In this document we will explain our design of the project, its later implementation, and the results it has yielded. Finishing with some general conclusions about the process followed.

Index Terms— Puzzle, space, physics, first person, portals, logic, optical effects, gravity, keys.



1 INTRODUCCIÓ

ELS jocs de puzzles són videojocs que centren la seva experiència en la resolució de trencaclosques. Normalment no solen demanar al jugador uns coneixements que no pugui obtenir del propi joc ni solen tenir solucions completament independents, sinó que els puzzles es troben interconnectats de manera que resoldre'ls requereix aplicar els coneixements apresos en els anteriors. Conseqüentment, els jugadors segons avancen senten un increment progressiu de les seves capacitats i del seu coneixement sobre el joc produint una major satisfacció i sensació de progressió.

En aquest gènere podem trobar una gran varietat de mecàniques estranyes i innovadores, però sens dubte la que més m'ha fascinat sempre és l'ús de la deformació de l'espai. Molts jocs del gènere giren entorn un espai canviant o no convencional amb el que el jugador pot interactuar, però sempre he trobat que no arribaven a ser exploracions completes dels possibles usos de l'espai en un joc de puzzles, per això vaig pensar en intentar anar més enllà i fer un joc dedicat a l'ús de l'espai.

Sóc conscient de la dificultat de la temàtica que he escollit entorn a la deformació de l'espai, però porto uns anys amb la idea al cap i crec el què pot aportar al projecte fa que valgui la pena.

Com a font d'inspiració i idees hem fet servir jocs importants que d'una forma o altra fan servir un espai no convencional. Els referents escollits són: la saga Portal[1], Antichamber[2] i Monument Valley[3].

1.1 Portal

Abans hem comentat que molts jocs de puzzles intenten anar ensenyant progressivament al jugador les mecàniques del joc, probablement un dels millors exemples d'aquest estil de disseny de puzzles és la saga Portal, on el jugador ha de superar els obstacles d'una sèrie d'habitacions fent servir la Portal Gun, una arma que permet crear dos extrems d'un portal a certes superfícies (Figura 1). El portal és d'un color diferent a cada costat (blau o taronja) i tot el que entra per un surt per l'altre tal i com ha entrat, sense importar la distància o direcció de l'entrada respecte de la sortida.

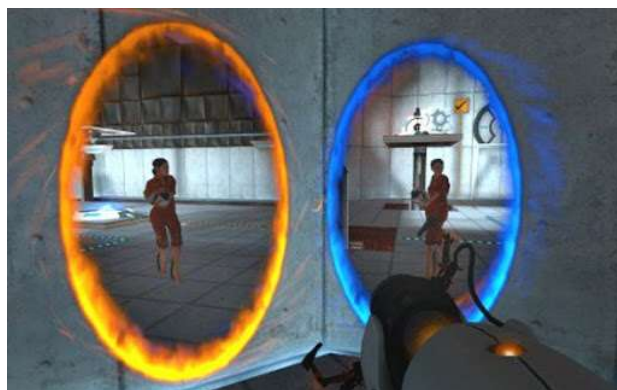


Figura 1. Jugador veient-se a ell mateix a través del portal.

1.2 Antichamber

No obstant, no tots els bons jocs de puzles tenen el mateix disseny que Portal. Antichamber, per exemple, no té un disseny de puzles estrictament lineal, on passes per cada puzle només un cop i els trobes en el mateix ordre en el què els has de resoldre. El joc et convida a explorar un espai psicodèlic i sovint et fa enfrontar-te a puzles que no pots resoldre, simplement perquè et comencis a plantejar una solució.

És cert que també posseeix un conjunt de mecàniques recurrents amb una pistola de cubs, però el que ensenya al jugador no és a entendre les mecàniques a la perfecció per poder resoldre els problemes, sinó a plantejar-se solucions contraintuïtives i pensar “fora de la caixa”. Per fer-ho, el joc ens situa en un espai no euclidià, on els passadissos es retorcen de formes impossibles, on les portes desapareixen tant bon punt les deixem enrere i on la perspectiva funciona de maneres estranyes (Figura 2).

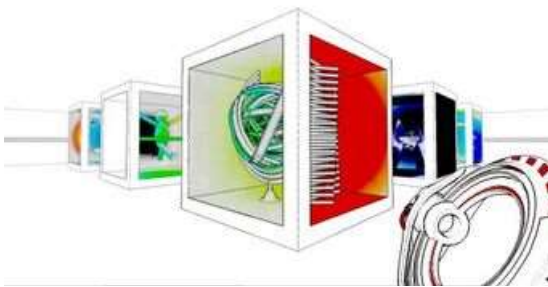


Figura 2. El contingut d'aquests cubs canvia segons per quin costat es mirin.

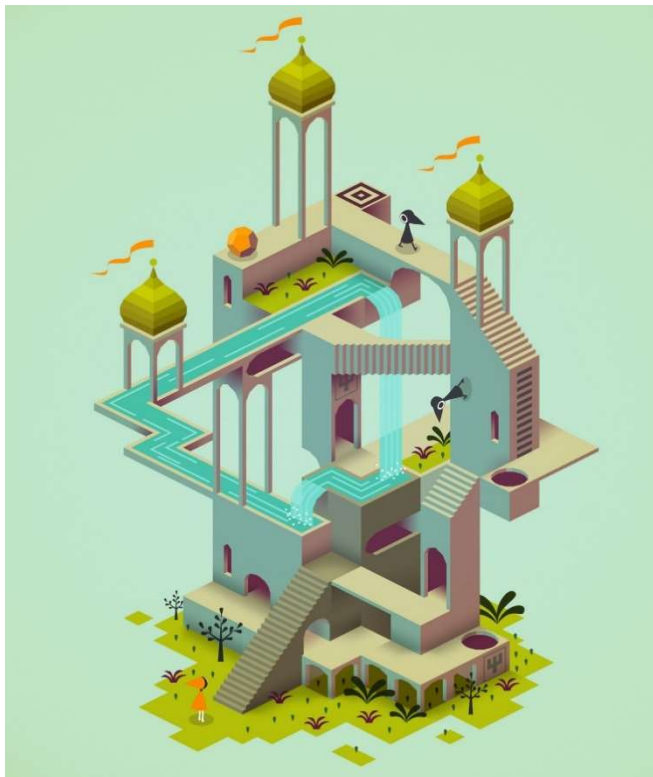


Figura 3. Un nivell de Monument Valley.

1.3 Monument Valley

Monument Valley és, en molts aspectes, més proper a un quadre interactiu que a un videojoc com a tal. És un joc curt i no gaire difícil, però les poques mecàniques que té aprofiten i reforcen l'estètica del joc. Perquè, al cap i a la fi, Monument Valley és una aventura estètica que gira entorn a les il·lusions òptiques, fins al punt de que el jugador mateix ha de crear situacions on es produeixen aquests efectes i aprofitar-los per superar els nivells (Figura3).

La nostra proposta no busca imitar o millorar les idees dels seus referents, sinó combinar l'ús de portals amb la geometria estranya d'Antichamber, afegint també els espais impossibles i canviants de Monument Valley per crear un joc coherent i amb la seva pròpia identitat. Una identitat que gira al voltant de la deformació i canvis de l'espai i la seva interacció amb els objectes que l'habiten.

L'objectiu del projecte és dissenyar i implementar un joc de puzles amb les següents característiques:

- El jugador s'ha de moure en primera persona per un espai laberíntic amb geometries impossibles i canvis de gravetat.
- Els puzles han d'impressionar visualment. Ja sigui degut als efectes visuals de l'espai deformat o a la estranyesa de la arquitectura de l'entorn.
- Ha de suposar un repte mental on els jugadors hagin de trobar solucions creatives a problemes de lògica, tenint en compte les característiques estranyes de l'espai del joc.
- El joc ha de girar entorn a la física i els espais impossibles també a nivell estètic bevent bastant de l'art de M.C. Escher.

Aquest projecte s'anomena Hyper Maze. El nom del projecte prové de la figura geomètrica que és l'hipercub, un equivalent de més de 3 dimensions d'un cub. De la mateixa manera, Hyper Maze és més que un laberint en 3 dimensions i el seu nom evoca la idea d'un espai estrany difícil de comprendre.

Les eines principals que s'han fet servir per a aquest projecte són: Unity com a motor del joc i com a entorn de modelatge gràcies a la eina Probuilder, que permet crear i modificar models 3D, facilitant també el disseny de nivells. Per programar el joc a Unity es fan servir scripts en C# que s'han editat a l'entorn de Visual Studio. Tot l'aparat de textures i sprites s'ha fet en Aseprite que és un programa per dibuixar píxel art.

Aquest article es compon de les següents seccions: En la secció de disseny definim el concepte de joc, resumint parts del GDD (Game Design Document) que hem realitzat per a Hyper Maze. A continuació, en la secció de desenvolupament, expliquem el treball que hem realitzat en el

-
- E-mail de contacte: Oscar.Mascunano@e-campus.uab.cat
 - Menció realitzada: Computació
 - Treball tutoritzat per: Enric Martí Godia
 - Curs 2019/20

TFG, que consta d'una primera part d'art en què es detalla la modelització dels objectes i textures del joc i en una segona part expliquem la implementació del gameplay. En la secció resultats mostrem algunes incidències del joc i el feedback que ens han donat alguns testers. A la darrera secció de conclusions i millores reflexionem sobre el treball realitzat i possibles millores del projecte.

2 DISSENY

2.1 Mecàniques

Les mecàniques són les regles bàsiques d'un joc. A partir de la interacció del jugador amb aquestes sorgeix el gameplay que és la forma concreta com es juga al joc. Tot seguit explicarem les més importants

2.1.1 Característiques dels objectes

No són elements físics, sinó propietats d'elements existents que afecten les seves interaccions amb el món. Tenen un valor predeterminat però poden ser modificades degut a alguna interacció entre elements. En aquest prototipus només tenim una: la gravetat. Però durant el disseny s'han explorat altres opcions que finalment no s'han implementat com l'escala.

A) Gravitat

Al joc no hi ha una direcció universal per a la gravetat. Cada objecte té la seva pròpia "gravetat subjectiva" i cau cap a la direcció que tingui marcada. Això porta a aquests objectes a comportar-se com si l'habitació estigués girada i el terra de veritat fos el sostre o una de les parets.

El jugador també pateix els efectes d'aquesta "gravetat subjectiva" i, per tant, pot patir canvis en la seva gravetat que li permetin caminar pel sostre o les parets, obrint noves possibilitats a l'hora de crear i resoldre puzles.

B) Escala

En determinades circumstàncies, la mida dels objectes pot ser alterada, sovint alterant com interactuen amb el seu entorn, degut a que els canvis de mida comporten canvis en l'espai que ocupa l'objecte o el seu pes.

El jugador també es veu afectat de formes addicionals quan es canvia la seva escala. Totes les seves interaccions amb l'espai es veuen alterades de manera proporcional. Per tant, canvia la seva velocitat, l'alçada a la que salta, quins objectes pot agafar, la distància fins la qual pot interactuar amb un objecte, etc

2.1.2 Escenaris

Són principalment elements estàtics que serveixen com a base del joc ja que formen els terres, les parets i la resta d'estructures on s'aguantaran la resta d'objectes. Són objectes cinemàtics, és a dir, col·lideixen amb objectes físics, però no es veuen afectats per les físiques.

En alguns casos poden adquirir més protagonisme si es tracta d'elements mòbils. Aquests o bé es mouen automàticament seguint un patró, o bé realitzen una acció quan reben una senyal d'un altre element. Aquestes accions poden ser tan simples com desaparèixer o tan complexos com seguir un patró

2.1.3 Portals

Per simular un espai deformat, fem servir portals que poden transportar al jugador i determinats objectes a una altra posició. Els portals mostren el que es troba a l'altre costat, de manera semblant als de Portal però sense el cercle que els envolta. Per tant, si es col·loquen adequadament el jugador ni s'adona de que hi ha un portal o que acaba de passar a través d'un.

Hi ha certs portals que són capaços d'alterar les característiques dels objectes que els traspassen, és a dir, capaços d'alterar tant la gravetat com la escala dels objectes. Ho fan de tal manera que el canvi, al igual que el fet de passar pel portal, no resulta immediatament perceptible. Com a mínim, no ho és fins que el jugador s'adona de que en realitat està caminant pel sostre o que ha tornat a la mateixa habitació, però ara és diminut. Tots els canvis de mida que pateix l'usuari afecten també als objectes que porti a sobre

2.1.4 Claus

Poden ser introduïdes a un pany per activar algun efecte (que s'obri una porta, que s'activi un objecte, etc.). Les claus es produeixen a uns dispensadors i el jugador només en pot portar una a cada moment i si, en lloc de col·locar-la a un pany, la deixa anar es desintegrarà. D'aquesta manera podem tenir puzles on calgui desplaçar diferents claus entre diferents panys d'una forma similar a l'endevinalla del llop, la cabra i la col.

2.1.5 Botons

N'hi ha de diferents tipus, des de polsadors, plaques de pressió, etc. Activen canvis a l'escenari del joc i són l'eina principal d'interacció. Característiques dels objectes o del jugador (escala i gravetat) poden impedir o permetre que aquests puguin activar un botó. Per exemple, una placa de pressió no podrà ser activada si la gravetat de l'objecte no el fa caure contra la placa.

2.1.6 Alteracions Gravitatòries

Hi ha certes zones que alteren la direcció gravitacional de qualsevol objecte que hi entra.

2.2 Art

Per al joc volem un disseny minimalista on predominin els blancs i uns pocs colors intensos, preferiblement en els elements rellevants per al jugador. En quant a la temàtica estètica del joc, una que s'apropi a la d'un laboratori. Siluetes angulars, plenes de figures geomètriques simples, formant una estructura complexa. Referències a fractals i estructures matemàtiques.

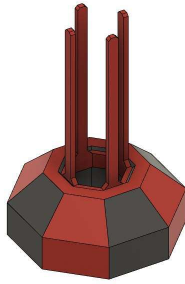


Figura 4. Art conceptual del Dispensador de Claus

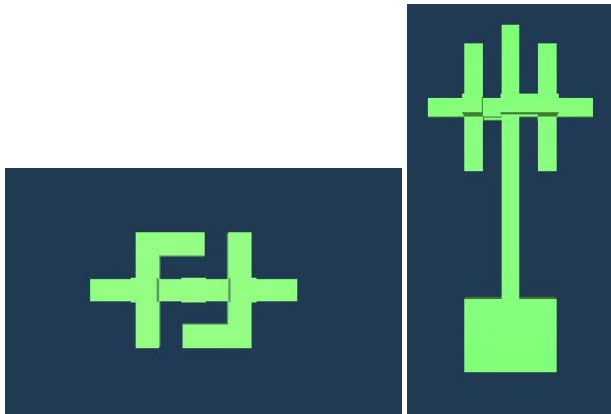


Figura 5 (esquerra) i Figura 6 (dreta). Disseny de la clau, vistes frontal i lateral respectivament.

2.2.1 Interfície

Minimalista i molt neta. Només un cursor al centre de la pantalla i “pop ups” per avisar a l’usuari de quan pot interactuar amb un objecte.

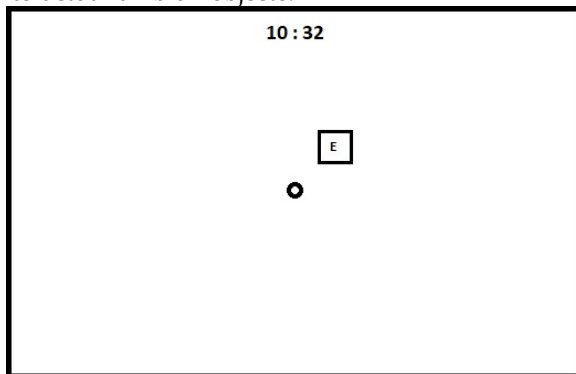


Figura 7. Prototipus d’interfície

3 DESENVOLUPAMENT

En aquest apartat s’explica com s’ha passat del disseny a un joc funcional. En primer lloc s’explica la part artística i visual del joc per posteriorment explicar el gameplay.

3.1 Art

Aquesta secció es dedica principalment a explicar com s’han fabricat els elements visual que es fan servir en el joc. Tot i que en un principi s’hauria de reservar el parlar de

mecàniques per l’apartat de Gameplay, aquesta secció conté explicacions per algunes que s’han considerat més rellevants en com afecten a la construcció dels elements visuals que no en els efectes que tenen al Gameplay.

3.1.1 Modelatge 3D i píxel art

Els diferents objectes del joc s’han construït a partir de formes geomètriques diferents per aconseguir un estil minimalista sense perjudicar la capacitat del jugador per reconèixer fàcilment els diferents objectes de l’entorn.

Per l’estètica dels tutorials i el HUD, s’ha decidit fer servir Píxel Art simplement degut a que és l’estil amb el que tinc més experiència. Com l’objectiu sempre ha estat una interfície minimalista, s’ha escollit reduir el HUD a un petit cercle que marca el centre de la pantalla i un dibuix d’una tecla per avisar al jugador de quan pot interactuar. Per la tecla s’ha fet servir una paleta en escala de grisos ja que no era necessari que destaqués massa, mentre que el cercle central és d’un blau suau que busca que el jugador no el perdi mai de vista sense resultar cridaner.

Per el text en píxel art dels tutorials, s’ha descarregat una font d’ús gratuït anomenada joystix monospace i s’ha desactivat el seu antialiàsing per donar-li un aspecte píxel art.



Figura 8 (esquerra) i Figura 9 (dreta). Tecla A en píxel art i rajola amb Triangle de Penrose[4] respectivament.

3.1.2 Textures amb canvi de color

Per aplicar una textura a un objecte a Unity no és suficient amb tenir la textura, cal crear primer un material a partir de la textura i després assignar-lo a l’objecte en qüestió.

Generalment quan assignem una textura aquesta s’aplica a tot el model 3D, però per fer tant els panys com els dispensadors de claus ens calia poder modificar el color de diferents parts de l’objecte sense que s’afectessin mútuament.

Per fer-ho s’ha utilitzat una funcionalitat de ProBuilder que permet assignar diferents materials a diferents parts del model 3D. El resultat és que aquests objectes posseeixen més d’un material, però aquests no es solapen, permetent així canviar el color d’un sense afectar a com es veu la resta de l’objecte, com es pot veure a les Figures 10 i 11 on la part exterior del dispensador i la clau canvien de color però el forat intern es manté de color gris fosc.

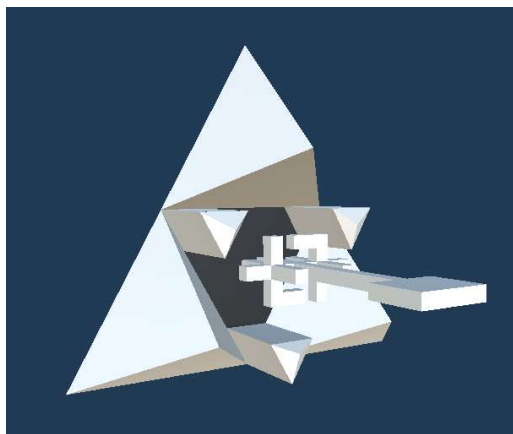


Figura 10. Dispensador de Claus sense color

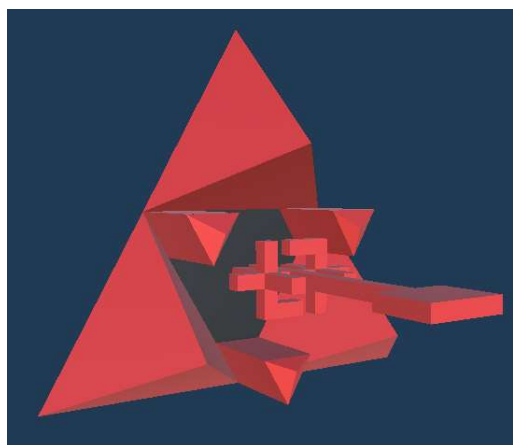


Figura 11. Dispensador de Claus vermell

3.1.3 Textures del terra

Les textures del terra son un píxel art molt simple que intentava evocar l'aspecte d'unes rajoles, no obstant, al ser una textura plana doncs es veia com un terra amb ratlles (Figura 12). Per arreglar-ho s'han fet servir heightmaps i normal-maps (Figura 13).

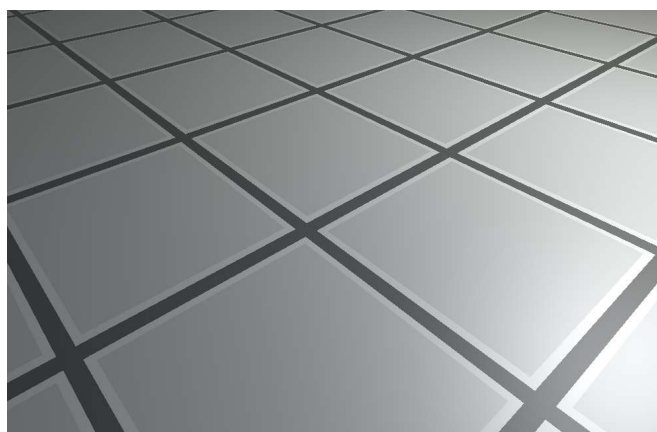


Figura 12. Textura del terra sense heightmap o normalmap

L'objectiu d'aquests mapes és produir efectes visuals que simulin que la textura té relleu. Els heightmaps (Figura 14) codifiquen l'alçada de cada píxel de la imatge de manera, fent parallax mapping[5] es desplacen els píxel de la

textura per donar-li perspectiva. El mapa de normals (Figura 15) codifica amb el color de cada píxel la normal de la superfície, es a dir, la direcció de la pendent d'aquest píxel. [6] D'aquesta manera el sistema d'il·luminació de Unity adapta els reflexes de llum perquè simulin la pendent de la superfície.



Figura 13. Textura del terra amb heightmap i normalmap



Figura 14 (Esquerra) i Figura 15 (Dreta) Heightmap i Normal map respectivament

3.1 Gameplay

Unity és un motor orientat a videojocs i com a tal té certes característiques que el diferencien d'altres entorns. Per això, Unity estructura tot el desenvolupament entorn a gameobjects i scripts. Un gameobject és qualsevol objecte que s'hagi d'ubicar en algun lloc de l'espai, com per exemple: càmeres llums, jugador. Per afegir-li funcionalitats, s'ha de fer amb components que proporciona Unity o scripts fets en C#.

En el següent diagrama, cada mòdul consisteix en un conjunt d'scripts o funcionalitats de Unity que s'encarreguen de realitzar un grup de tasques similars. El color indica quanta part de les funcionalitats de mòdul ha estat programada per nosaltres, blau indica que ha estat la totalitat del mòdul, groc indica que només una part i que la resta s'ha implementat mitjançant les eines que ofereix Unity i verd indica que només s'ha fet amb les eines de Unity sense programar codi.

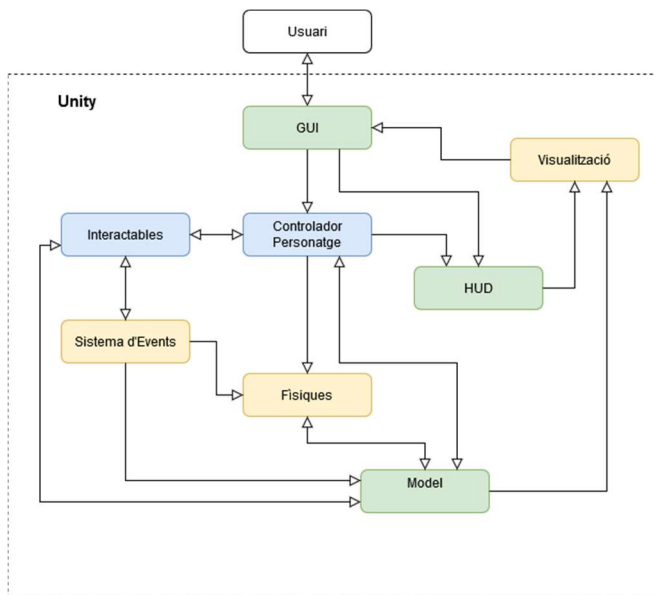


Figura 16. Diagrama de Mòduls

El model està format per les funcionalitats bàsiques de Unity que gestionen els gameobjects i els seus components. La informació d'aquests es transmet al sistema de visualització que s'encarrega de representar visualment la informació del model i del HUD que conté els Scripts que gestionen el funcionament del Heads Up Display. El resultat és rebut per la GUI que el transmet a l'usuari en forma d'imatge a la pantalla i aquest respon interactuant amb les tecles o el ratolí. Les seves interaccions son recollides per la GUI i es transmeten al Controlador de Personatge i al HUD. Depenent de la situació el Controlador pot demanar informació o interactuar de diverses maneres amb els mòduls d'interactables, físiques i model, que cadascun a la seva manera, acaben generant i gestionant les conseqüències de les interaccions del personatge.

A continuació s'explica amb més detall el funcionament de cadascun dels mòduls:

3.2.1 Model

El model s'encarrega de gestionar dels gameobjects i els seus components a l'espai i sovint fa d'intermediari en la comunicació entre scripts. Tots els gameobjects tenen com a mínim els següents atributs: una posició tridimensional a l'espai, una rotació i tres eixos d'escala. Qualsevol característica a part ve d'un component o script afegit al gameobject. Tots els components que no pertanyen clarament a cap altre mòdul pertanyen al model. Per exemple: el modelat 3D, els colliders, els materials i les textures, etc.

3.2.2 Visualització

Esta format per tots els element encarregats de renderitzar la informació continguda al model: càmeres, renderers, etc. La informació que extreu del model sol contenir la posició i rotació del objecte, el seu model 3D i el material que fa servir de textura. Un cop renderitzat l'escenari, el resultat s'envia a la GUI per que el vegi el jugador.

En aquest mòdul s'ha programat part del funcionament dels portals, que son alhora membres d'aquest mòdul i del de Interactables, per evitar repetir o dividir la informació tota l'explicació dels portals es troba a la secció d'interactables.

3.1.1 Interactables

Aquest mòdul gestiona tots els objectes amb els que el jugador pot interactuar, és a dir, que inclou objectes que varien des de botons fins a portals o zones de gravetat. La majoria esperen a rebre de part del controlador del personatge el senyal de que està interactuant amb ells i llavors envien un avís al sistema d'events i/o fan alguna altra cosa ells mateixos al model, mentre que d'altres tenen comportaments més estranys.

El botó és el més simple d'aquest tipus. Simplement espera l'avís del jugador i acte seguit fa una crida al sistema d'events amb la seqüència d'accions que se li ha configurat.

Un objecte que funciona de manera molt similar és la placa de pressió, que funciona igual excepte que espera que la placa s'enfonsi una certa distancia o deixi de fer-ho, produint en cada cas una seqüència d'accions independent. La placa és un objecte físic mòbil construït mitjançant rigidbodies i joints per tant està gestionat per el mòdul de físiques, però com fem servir només la posició relativa la informació necessària s'extreu del model.

El funcionament del dispensador de claus es diferencia de la del botó en què no realitza cap crida al sistema d'events, en el seu lloc fa una crida al controlador del jugador que fa que emmagatzemi el codi numèric de la clau, és a dir, que la agafi. Si el jugador ja té una clau, descarta l'anterior i agafa la nova.

El pany en canvi actua com una mena de híbrid entre el dispensador i l'interruptor. De la mateixa manera que l'interruptor, fa servir el sistema d'events. De fet, com passa amb les plaques de pressió, té dues seqüències d'accions. Una per quan s'introdueix una clau i una altra per quan s'extreu. Si el pany conté una clau a dintre, es comporta de manera gairebé idèntica al dispensador amb dues diferències. Que al fer-ho perd la clau i que es fa la crida al sistema d'events abans mencionada. Si per el contrari no té clau, el que fa es comprovar que el jugador té una clau i que aquesta és vàlida. Així que demana la informació al controlador i la compara amb la seva llista de claus vàlides. Si l'accepta, el personatge perd la clau i l'adquireix el pany, després s'activa la seqüència d'accions. Si no l'accepta no passa res.

Els detectors de jugador es diferencien dels botons en el mètode d'activació. En lloc de requerir que es polsi una tecla n'hi ha prou que el jugador entri en contacte amb ells. Son objectes invisibles i intangibles de manera que l'únic que pot percebre el jugador son les conseqüències de entrar-hi en contacte.

Les zones de gravetat també son imperceptibles, però en lloc de fer servir el sistema d'events, modifiquen directament la configuració de la gravetat de l'objecte que toquen. Una altra capacitat que els diferencia dels detectors és la seva capacitat de filtratge. Poden filtrar segons la direcció de moviment de l'objecte i/o la orientació de la seva

gravetat actual. Òbviament només funciona amb objectes que posseeixen gravetat.

Per acabar aquesta secció he d'explicar una estructura que realment no pertany només a aquest mòdul, simplement per facilitar la comprensió del seu funcionament. Aquesta estructura és el Portal.

Un portal està format per dos elements, el visual i el funcional. El propòsit d'un portal és que sembli que dos punts de l'espai són adjacents encara que no ho siguin, l'element visual s'encarrega de que es vegi com si fossin adjacents, mentre que l'element funcional fa que es comportin com si fossin adjacents. La primera part pertany al mòdul de visualització i la segona al d'interactables.

Per crear la il·lusió visual d'adjacència el que es fa és renderitzar el que veuria l'usuari a l'altre costat del portal (al seu destí) i després aplicar-ho com una textura sobre el portal. Per aquest motiu tots els portals tenen una càmera pròpia que utilitzen per aquesta tasca. Per evitar un ús excessiu de recursos per part dels portals quan no és realment necessari, aquestes càmeres es troben desactivades a no ser que el portal sigui visible per al jugador.

Per renderitzar adequadament l'element visual del portal, no n'hi ha prou amb situar la seva càmera al punt de destí, cal que aquesta imiti la posició i el punt de vista del jugador en relació al portal per així aconseguir reproduir la mateixa perspectiva, com es pot veure a les Figures 17 i 18. Un cop aplicada la textura al portal el resultat final és que el portal mostra el que hi ha al destí, com si no hi hagués separació (Figura 19).

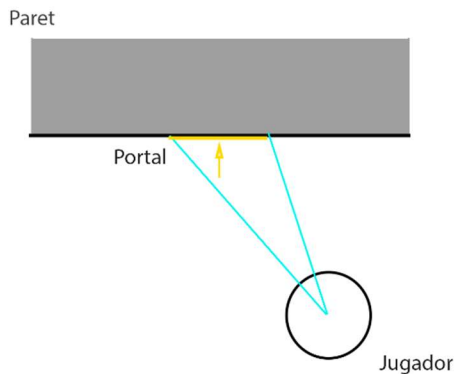


Figura 17. Jugador mirant un portal groc sobre una paret marró

No obstant, per aplicar correctament la textura cal fer servir un shader per retallar la imatge. El motiu és que la càmera del portal no té en compte la mida del portal quan captura la imatge del destí i la imatge resultant és la que correspondria a un portal que ocupa tota la pantalla. El shader s'encarrega de que la part de la textura que es mostra al portal és la que correspon a l'espai que ocupa el portal a la pantalla.

Per completar la il·lusió cal la part funcional que consisteix en que quan un objecte que es pot teletransportar toca el portal, la seva posició, velocitat i rotació es calculen en relació al portal i després es modifiquen de manera que aquesta relació passi a complir-se amb el punt de destí. D'aquesta manera el jugador passa d'estar a un costat del

portal a l'altre sense notar que hi ha hagut cap canvi.

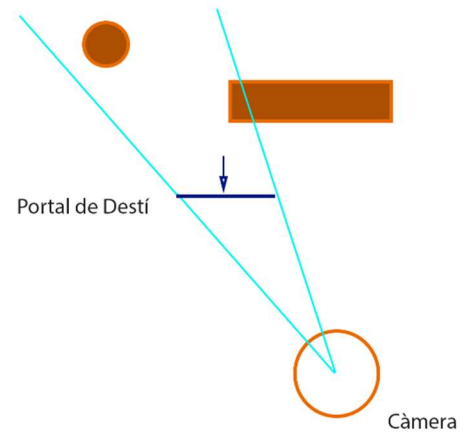


Figura 18. Càmera del portal capturant imatges del que es troba a l'altre costat del portal de destí.

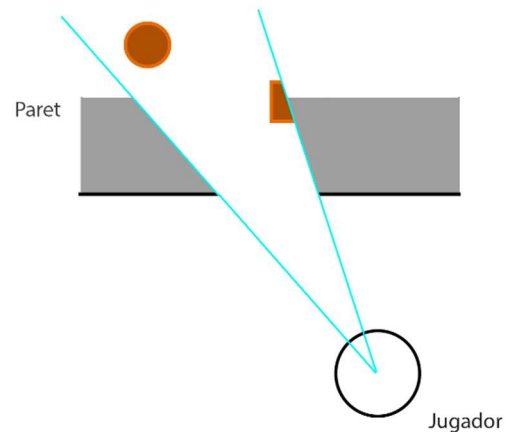


Figura 19. Efecte que percep el jugador

3.2.3 Físiques

Aquest mòdul s'encarrega de processar els objectes físics del món i transmetre el resultat d'aquests càlculs al model. La major part del mòdul està format per el sistema de físiques natiu de Unity, la resta és el nostre sistema de gravetat variable.

El motor de físiques de Unity no permet gravetats diferents per cada objecte, per tant, en lloc de fer servir la gravetat de Unity hem creat la nostra pròpia. El seu funcionament és molt simple: cada objecte que pateix la gravetat conté un vector que indica la direcció d'aquesta i se li aplica l'acceleració corresponent. Només els objectes que tenen físiques poden patir la gravetat.

La configuració de la gravetat de cada objecte té una opció per fer que certs objectes es reorientin segons la direcció de la gravetat per posar-se dempeus, una mica com un saltamartí. Per fer-ho l'script detecta si l'objecte es troba orientat correctament i si no és el cas, el reorienta progressivament seguint el camí més curt. En aquest prototip,

L'únic objecte que utilitza aquesta configuració és el jugador.

Les físiques natives de Unity també s'han fet servir en profunditat. Generalment a un nivell bàsic de crear rigidbodies cinemàtics i no cinemàtics, però també s'ha fet servir un parell de joints configurables. Una connecta la bola del jugador al seu cos i la fixa en posició, però permetent-li rodar en totes direccions. L'altre es troba a la placa de pressió, restringeix el moviment d'aquesta a només un eix (amunt i avall) i produeix la força que la fa retornar a la seva posició si no es pressiona.

3.2.4 Controlador Jugador

El controlador del jugador gestiona tots els aspectes que diferencien al jugador de la resta d'objectes. En primer lloc ha de processar els senyals d'input que captura la GUI, ja siguin moviment de ratolí o tecles pressionades. Per un moviment del mouse el que fa és canviar la rotació de la càmera al model per fer que es mogui amb el ratolí, no obstant el controlador no l'únia directament amb el moviment del personatge.

L'objecte del jugador o personatge està format per dues parts, una és el cos i l'altre és una bola que actua com si fossin les cames. Concretament el que fa és girar com una roda i moure al jugador mitjançant la tracció amb el terra. El moviment del jugador està gestionat pel mòdul de físiques ja que es mou com qualsevol objecte físic, és a dir, seguint la seva inèrcia, segons les forces aplicades i les col·lisions, etc. L'únic que fa el controlador del jugador és indicar al sistema de físiques quan s'ha de moure la roda del jugador i intentar ordenar al mòdul de físiques que elimini velocitats residuals per intentar mantenir el personatge erecte ja que, degut a limitacions de Unity, el mòdul de físiques no pot fixar la velocitat de rotació sobre un eix correctament si la orientació d'aquest eix canvia, cosa que succeeix constantment amb el jugador degut als canvis de gravetat.

Per poder aplicar adequadament el moviment del jugador independentment de la direcció de la seva gravetat, s'ha implementat una funció que converteix la direcció relativa cap a la que el jugador es vol moure en una velocitat de rotació que té en compte la orientació del jugador dintre de l'espai i cap a on mira de manera que s'adapti a totes les situacions possibles.

Quan el jugador pressiona el botó d'interactuar, demana al model que faci un raycast per comprovar si hi ha un objecte que accepti interaccions dintre del rang i la direcció cap a la que mira el jugador.

3.1.3 GUI

La Graphical User Interface està formada per un conjunt de eines de Unity que s'encarreguen de mostrar la informació renderitzada pel mòdul de visualització a la pantalla i d'enregistrar les accions de l'usuari perquè aquesta informació resulti accessible als mòduls interessats com són el mòdul de Controlador de Personatge i el de HUD.

3.1.3 Sistema d'events

El mòdul del sistema d'events s'encarrega de que quan el jugador interactua amb determinat objectes (els que formen el mòdul d'Interactables), succeeixin esdeveniments en el seu entorn. Els detonants que poden activar aquests efectes són variats i depenen de l'Interactable en qüestió: pot ser introduir a un pany una clau que hi encaixi, que es pressioni un botó o fins i tot pot ser el resultat d'una operació amb diferents detonants, com per exemple: Hi ha una clau al pany 1 però el pany 2 està buit. El sistema admet circuits combinacional i seqüencials, sempre amb els detonants com a inputs.

Els efectes que es poden desencadenar són molt variats, ja que el sistema pot cridar gairebé totes les funcions void de qualsevol instància i, fins i tot, accepta paràmetres. Generalment, però, aquests efectes es limiten a modificacions simples de l'entorn del joc de les que s'encarreguen generalment el model i el mòdul de físiques. Ja sigui moure un objecte, canviar algun aspecte de la seva configuració, o fins i tot fer-lo desaparèixer.

Mitjançant aquest sistema es poden implementar puzzles sense necessitat de crear nous scripts, estalviant recursos i agilitzant la construcció dels nivells.

Totes les funcionalitats d'aquest sistema es poden configurar des de l'editor de Unity sense necessitat d'escriure codi i per tant permeten implementar i modificar puzzles amb molta més facilitat.

Per implementar-ho, s'ha partit del sistema d'events de Unity que permeten executar seqüències de funcions de qualsevol instància quan s'activa l'event. El sistema original de Unity executa les funcions en el mateix frame i, per tant, no permet cap tipus de separació en el temps. Per augmentar la seva versatilitat, s'ha creat una estructura que conté múltiples events de Unity, cadascun associat a un valor de delay que indica quant temps ha d'haver passat des de l'event anterior (o l'inici de la seqüència) perquè s'executi. D'aquesta manera podem implementar multitud de sistemes que abans eren impossibles: des de comptes enrere, efectes amb delay, bucles...

Per implementar aquesta funcionalitat s'han fet servir corutines de Unity, que permeten executar funcions en segon pla que es poden interrompre i reprendre més endavant. Concretament, el que fa és que en arribar a un event de la llista si té temps d'espera bloqueja l'execució durant aquest i en reprendre-la executa l'event i passa al següent.

Per expandir encara més el sistema d'events, s'ha implementat un sistema de portes lògiques integrat completament dintre dels events. Aquestes portes lògiques són en realitat instàncies d'un script que poden ser configurades per realitzar operacions combinacionals o seqüencials bàsiques. Accepten múltiples inputs i operen amb ells per donar com a resposta un de dos events de Unity. Si el resultat de l'operació és positiu, s'executarà un i l'altre ho farà si és fals. El valor dels inputs és introduït mitjançant events de Unity.

Els event del nostre sistema només s'executen quan canvia alguna cosa, quan s'introdueix una clau, es comença a pressionar un botó, etc. De la mateixa manera, les portes lògiques només calculen el resultat i executen els

events que tenen com output si l'input ha estat modificat. D'aquesta manera s'evita tenir events executant-se constantment en segon pla.

4 RESULTATS

4.2 Testing

Amb l'objectiu de garantir el correcte funcionament del joc, s'han realitzat diferents tipus de tests.

- Unitaris: s'ha comprovat els diferents components del joc de manera individual per garantir que funcionen de la manera desitjada.
- Integració: quan un component supera la prova unitària, es passa a comprovar com interactua amb la resta de components del joc per comprovar que no hi ha alguna interacció inesperada o un error de disseny i que el conjunt es comporta adequadament.
- De Sistema: cada cert temps, s'ha executat el joc i completat d'inici a fi per verificar de que no se'ns ha escapat cap bug i que el joc es pot completar sense problemes.

A part dels tests interns, s'ha distribuït el prototip a testers voluntaris que l'han jugat i que han intentat forçar el joc al màxim per trobar bugs. També han aportat feedback i les seves opinions sobre el joc.

Segons ells, un dels millors elements del joc és la mecànica de la gravetat variable, aconsegueix el que es desitjava i els testers l'han valorat molt positivament tant a nivell de gameplay com visual.

Altres aspectes no han donat resultats tan bons però igualment han aconseguit complir la seva funció, com és per exemple el cas dels portals. Tenen alguns defectes que fan que al construir un puzle amb ells calgui adaptar l'entorn per evitar bugs visuals (Figures 20 i 21), però amb una mica d'esforç al col·locar-los es pot evitar que els bugs siguin visibles. Un altre problema visual que hi ha que no té res a veure amb la implementació es que les diferències entre la il·luminació a cada costat del portal permeten veure on es produeix la transició.

El conjunt d'interactables ha demostrat ser un sistema versàtil i molt visual per construir puzles. A més a més, als usuaris que han provat el joc els ha agradat bastant el seu modelat 3D.

Un altre aspecte que han valorat positivament els jugadors és el disseny de nivells, degut a la seva creativitat i us de les mecàniques. També han destacat que no se es vegi com una copia de jocs anteriors.

La interfície és simple i minimalista com volíem. Segons els jugadors no molesta visualment i compleix adequadament la seva funció.

4.1 Incidències

No obstant, hi ha hagut incidències durant el desenvolupament que han afectat al resultat final, seguidament s'explica quins han estat i els efectes que han tingut.

Es va trobar un bug dintre del funcionament del moviment del jugador que en unes circumstàncies concretes trencava el joc, tanmateix, solucionar-ho va produir un

altre de nou.



Figura 20. Exemple exagerat de la diferencia d'il·luminació entre els 2 costats del portal

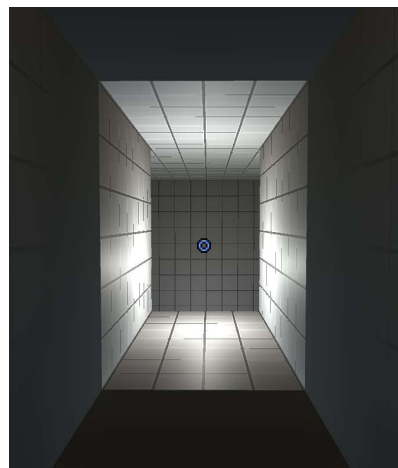


Figura 21. Exemple exagerat de la diferencia d'il·luminació entre els 2 costats del portal

Aquest nou bug era una certa vibració de la càmera quan el jugador canvia de velocitat produïda per la inèrcia del jugador. Es va intentar solucionar, no obstant, de seguida es va veure que Unity no oferia una solució elegant i ràpida pel problema que funcionés al nostre joc. Degut a que el bug era merament visual i que no podíem calcular quant de temps ens costaria solucionar-lo i que probablement requeriria refer una gran part del codi, es va decidir prioritzar aspectes més rellevant del joc.

La documentació de Unity ha estat de gran ajuda i és sens dubte una de les més completes que he vist per un motor de videojocs, malauradament té mancances importants en certs aspectes del funcionament intern del motor que no explica en absolut. Al no tenir aquesta informació ha fet falta consumir temps en fer experiments per comprovar com funcionava exactament el motor o ha generat bugs que han costat molt de solucionar. Els fòrums han estat de gran ajuda, però sovint ha suposat hores de cerca.

5 CONCLUSIONS I MILLORES

Hem fet un joc que gira entorn a la deformació de l'espai i com els objectes interactuen al seu interior. Per fer-ho s'han desenvolupat diferents elements dels quals crec que cal destacar:

- **Gravetat Variable:** Crec que és una mecànica poc explorada, molt visual i una bona mecànica central. El resultat de la seva implementació em sembla molt satisfactòria
- **Sistema d'Events:** És una eina robusta i versàtil que permet implementar nous puzles amb una quantitat mínima de codi. Penso que la meua implementació és bona, però resulta una mica complicat fer-la servir i agrairia millores que la fessin més intuïtiva.
- **Portals:** Tenen alguns defectes i ens hauria agradat haver pogut explorar-los amb més profunditat, però exceptuant aquests aspectes, compleixen la seva funció adequadament.

El sistema de físiques de Unity, tot i ser molt útil, dona certs problemes amb aquest projecte. Per un costat, no està dissenyat per treballar amb certs aspectes com el canvi de gravetat i d'escala i, per altre costat, afegeix una complexitat al projecte bastant gran i el fa difícil de depurar degut a la seva inconsistència i imprevisibilitat. És recomanable evitar l'ús de físiques si no es té experiència suficient amb elles.

Un altre inconvenient rellevant ha sigut que la documentació sobre com fer portals es molt homogènia. Els exemples son gairebé idèntics i només ensenyen a fer uns portals molt bàsics.

Hi ha aspectes del videojoc que tenen marge de millora:

- **Modelat Jugador:** El model actual del jugador és un placeholder. Si el substituïm per un model bo amb animacions que siguin visibles des de la primera persona, el joc guanyarà molt a nivell visual i ja no serà un problema estètic que el jugador es vegi a si mateix a través d'un portal.
- **Mida variable:** Durant el disseny del joc es va idear la mecànica de poder variar la mida dels objectes. Finalment la idea es va descartar per el prototipus, però és una mecànica que obre moltes possibilitats per als puzles.
- **Música i efectes de so:** Per acabar de polir el joc i fer-lo més professional i intuïtiu caldria afegir música i sons, així es reforça l'ambientació del joc i ens donaria una nova eina per transmetre informació al jugador. Per exemple: escoltant d'on ve el soroll d'una porta obrint-se, permet saber què ha passat i tenir una idea aproximada d'on.

Agraïments

Vull agrair a Enric Martí Godia l'ajuda prestada com a tutor del projecte. També voldria agrair la ajuda de tots els testers, d'entre els quals voldria destacar a Santiago Sierra González que ha sigut el tester principal i ha ajudat amb

l'art conceptual.

BIBLIOGRAFIA I REFERENCIES

- [1] Saga Portal, internet: [https://es.wikipedia.org/wiki/Portal_\(videojuego\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Portal_(videojuego)) [data d'últim accés: 25 de juny 2020]
- [2] Antichamber, Internet: <http://www.antichamber-game.com/> [data d'últim accés: 28 de juny 2020]
- [3] Monument Valley, Internet: <https://www.monumentvalleygame.com/mv1> [data d'últim accés: 28 de juny 2020]
- [4] Triangle de Penrose. Internet <https://www.psychoactive.com/puzzleclopedia/el-triangulo-de-penrose/> [data d'últim accés: 27 de juny 2020]
- [5] Parallax Mapping, Internet: <https://learnopengl.com/Advanced-Lighting/Parallax-Mapping> [data d'últim accés: 27 de juny 2020]
- [6] Normal Mapping, Internet: <https://learnopengl.com/Advanced-Lighting/Normal-Mapping> [data d'últim accés: 28 de juny 2020]
- [7] Portal Rendering, Internet <http://tomhulton.blogspot.com/2015/08/portal-rendering-with-offscreen-render.html?m=1> [data d'últim accés: 28 de juny 2020]